

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-346302

(43) 公開日 平成11年(1999)12月14日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

F I

H 0 4 N 1/387

H 0 4 N 1/387

G 0 6 T 1/00

G 0 9 C 5/00

G 0 9 C 5/00

G 0 6 F 15/66

B

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-150823

(22) 出願日 平成10年(1998) 6 月 1 日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 大綱 亮磨

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 宮本 義弘

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 太田 睦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

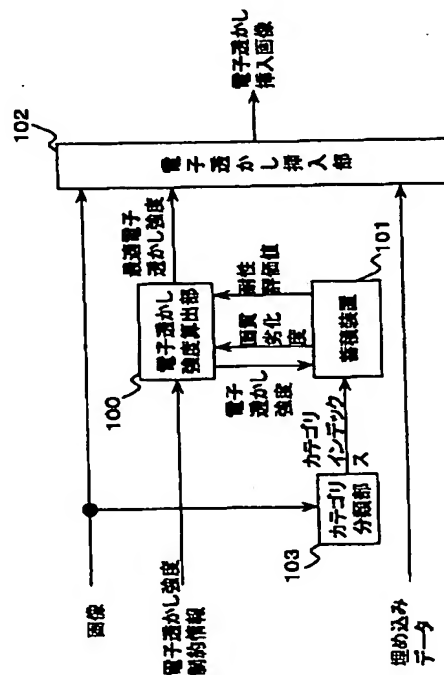
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 電子透かし挿入システム、電子透かし特性表作成装置

(57) 【要約】

【課題】 入力される画像に応じて適切な電子透かし強度を自動的に算出し、電子透かしを画像に挿入する電子透かし挿入システムを提供する。

【解決手段】 入力画像をカテゴリ分類部103で分類し、カテゴリインデックスを出力する。蓄積装置101には、電子透かし強度と画質劣化度とアタックに対する耐性評価値との対応を記述した電子透かし特性表がカテゴリインデックスごとに蓄積され、入力されるカテゴリインデックスに応じて、使用する電子透かし特性表を選択する。電子透かし強度算出部100は、電子透かし強度を蓄積装置101に出力し、蓄積装置101から出力される画質劣化度と耐性評価値と、ユーザから入力される制約情報とを用いて最適電子透かし強度を算出し、出力する。電子透かし挿入部は、埋め込みデータを電子透かしに変換し、入力される最適電子透かし強度で入力画像に電子透かしを挿入し、電子透かし挿入画像を出力する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】画像に電子透かし情報を挿入する電子透かし挿入システムにおいて、  
入力画像の特徴量を計算してカテゴリに分類し、カテゴリインデックスを出力する手段と、  
予め様々なカテゴリインデックス毎に、電子透かし強度と、画質劣化度と、アタックに対する耐性評価値との関係を記述した電子透かし特性表を蓄積しておき、前記入力画像のカテゴリインデックスに応じて前記電子透かし特性表を選択し、入力された電子透かし強度に対応する画質劣化度とアタックに対する耐性評価値とを出力する蓄積手段と、  
前記蓄積手段へ前記電子透かし強度を出力し、前記蓄積手段から出力される前記画質劣化度と前記耐性評価値とから、入力される電子透かし強度の制約情報に基づいて、最適電子透かし強度を決定し、出力する電子透かし強度算出手段と、  
入力される埋め込みデータを電子透かしに変換し、前記最適電子透かし強度を入力パラメータとして前記入力画像に前記電子透かしを挿入し、電子透かし挿入画像として出力する手段と、  
を有することを特徴とする電子透かし挿入システム。

【請求項 2】前記電子透かし強度の制約情報が、画質劣化度の許容限界値であり、  
前記電子透かし強度算出手段にて、  
画質劣化度が前記画質劣化度の許容限界値以内となる範囲内で最適電子透かし強度を決定し、出力することを特徴とする請求項 1 に記載の電子透かし挿入システム。

【請求項 3】前記電子透かし強度の制約情報が、アタックに対する安全性指標の限界値であり、  
前記電子透かし強度算出手段にて、  
アタックに対する耐性評価値が、前記安全性指標の限界値以上となる範囲内で最適電子透かし強度を決定し、出力することを特徴とする請求項 1 に記載の電子透かし挿入システム。

【請求項 4】前記電子透かし強度の制約情報が、画質劣化量と安全性指標とのバランスを決定する重み付け指標であり、  
前記電子透かし強度算出手段にて、  
最適電子透かし強度を決定するときの前記画質劣化量と前記安全性指標の寄与する割合を、前記重み付け指標によって決定することを特徴とする請求項 1 に記載の電子透かし挿入システム。

【請求項 5】電子透かし強度と、画質劣化度と、アタックに対する耐性評価値との関係を記述した電子透かし特性表を作成する電子透かし特性表作成手段を設け、作成された電子透かし特性表を前記蓄積手段へ入力することを特徴とする請求項 1 に記載の電子透かし挿入システム。

【請求項 6】前記特性表作成手段が、

2

入力される埋め込み情報を電子透かしに変換し、入力される電子透かし強度に応じた強度で前記電子透かしを入力画像に挿入し、電子透かし挿入画像を生成する電子透かし挿入手段と、

前記電子透かし挿入画像に対して、入力されるアタックパラメータに応じてアタックの強度を調節してアタックを実行し、アタックされた画像を生成するアタック画像生成手段と、

前記アタックされた画像に対して電子透かしの検出を試み、検出結果を出力する電子透かし検出手段と、  
前記入力画像と前記電子透かし挿入画像を比較することにより、電子透かし挿入によって生じる画質劣化の度合いを算出し、画質劣化量として出力する画質劣化量算出手段と、

前記入力画像の特徴量を計算してカテゴリに分類し、カテゴリインデックスを出力するカテゴリ分類手段と、  
様々な入力画像と様々な電子透かし強度との組み合わせに対して検出された前記一連の検出結果をカテゴリインデックス、電子透かし強度、アタックパラメータごとに集計して検出率を求め、更にカテゴリインデックス、電子透かし強度毎にアタックに対する耐性評価値を前記検出率から算出するとともに、前記画質劣化量をカテゴリインデックス、電子透かし強度毎に平均して画質劣化度を求め、カテゴリインデックス毎に、電子透かし強度と前記画質劣化度と前記アタックに対する耐性評価値との対応関係を示す電子透かし特性表を生成し、出力する電子透かし特性表生成手段と  
を有することを特徴とする請求項 5 に記載の電子透かし挿入システム。

【請求項 7】前記特性表生成手段において、  
アタックパラメータ、電子透かし強度、カテゴリインデックス毎に、電子透かしの検出結果を集計し、検出率データを出力する手段と、  
画質劣化量をカテゴリインデックス、電子透かし強度毎に平均し、画質劣化度を出力する手段と、  
アタックパラメータと前記検出率データから、アタックパラメータと検出率の関係を求め、耐性評価値を算出して出力する耐性評価値算出手段と、  
電子透かし強度と前記画質劣化度と前記耐性評価値とを統合して、電子透かし特性表を生成し、出力する手段とを有することを特徴とする請求項 6 に記載の電子透かし特性表作成装置。

【請求項 8】前記耐性評価値算出手段が、  
アタックパラメータに対する検出率の推移を表す関数と、重み付け関数との内積を取ることによって耐性評価値を算出することを特徴とする請求項 7 に記載の電子透かし挿入システム。

【請求項 9】前記耐性評価値算出手段が、  
アタックパラメータに対する検出率の推移を表す関数から、前記検出率があるしきい値以上となる前記アタック

3

パラメータの区間を求め、前記区間の長さに基づいて耐性評価値を決定することを特徴とする請求項 7 記載の電子透かし特性表作成装置。

【請求項 10】入力される埋め込み情報を電子透かしに変換し、入力される電子透かし強度に応じた強度で前記電子透かしを入力画像に挿入し、電子透かし挿入画像を生成する電子透かし挿入手段と、

前記電子透かし挿入画像に対して、入力されるアタックパラメータに応じてアタックの強度を調節してアタックを実行し、アタックされた画像を生成するアタック画像生成手段と、

前記アタックされた画像に対して電子透かしの検出を試み、検出結果を出力する電子透かし検出手段と、

前記入力画像と前記電子透かし挿入画像を比較することにより、電子透かし挿入によって生じる画質劣化の度合いを算出し、画質劣化量として出力する画質劣化量算出手段と、前記入力画像の特徴量を計算してカテゴリに分類し、カテゴリインデックスを出力するカテゴリ分類手段と、

様々な入力画像と様々な電子透かし強度との組み合わせに対して検出された前記一連の検出結果をカテゴリインデックス、電子透かし強度、アタックパラメータごとに集計して検出率を求め、更にカテゴリインデックス、電子透かし強度毎にアタックに対する耐性評価値を前記検出率から算出するとともに、前記画質劣化量をカテゴリインデックス、電子透かし強度毎に平均して画質劣化度を求め、カテゴリインデックス毎に、電子透かし強度と前記画質劣化度と前記アタックに対する耐性評価値との対応関係を示す電子透かし特性表を生成し、出力する電子透かし特性表生成手段とを有することを特徴とする電子透かし特性表作成装置。

【請求項 11】前記電子透かし特性表生成手段が、アタックパラメータ、電子透かし強度、カテゴリインデックス毎に、電子透かしの検出結果を集計し、検出率データを出力する手段と、

画質劣化量をカテゴリインデックス、電子透かし強度毎に平均し、画質劣化度を出力する手段と、

アタックパラメータと前記検出率データから、アタックパラメータと検出率の関係を求め、耐性評価値を算出して出力する耐性評価値算出手段と、

電子透かし強度と前記画質劣化度と前記耐性評価値とを統合して、電子透かし特性表を生成し、出力する手段とを有することを特徴とする請求項 10 に記載の電子透かし特性表作成装置。

【請求項 12】前記耐性評価値算出手段が、アタックパラメータに対する検出率の推移を表す関数と、重み付け関数との内積を取ることによって耐性評価値を算出することを特徴とする請求項 11 記載の電子透かし特性表作成装置。

【請求項 13】前記耐性評価値算出手段が、

4

アタックパラメータに対する検出率の推移を表す関数から、前記検出率があるしきい値以上となる前記アタックパラメータの区間を求め、前記区間の長さに基づいて耐性評価値を決定することを特徴とする請求項 11 に記載の電子透かし特性表作成装置。

【請求項 14】画像に電子透かし情報を挿入する電子透かし挿入システムをコンピュータ上に実現するためのプログラムを記録したコンピュータが読みとり可能な記録媒体

10 において、入力画像の特徴量を計算してカテゴリに分類し、カテゴリインデックスを出力する手段と、

予め様々なカテゴリインデックス毎に、電子透かし強度と、画質劣化度と、アタックに対する耐性評価値との関係を記述した電子透かし特性表を蓄積しておき、前記入力画像のカテゴリインデックスに応じて前記電子透かし特性表を選択し、入力された電子透かし強度に対応する画質劣化度とアタックに対する耐性評価値とを出力する蓄積手段と、

20 前記蓄積手段へ前記電子透かし強度を出力し、前記蓄積手段から出力される前記画質劣化度と前記耐性評価値とから、入力される電子透かし強度の制約情報に基づいて、最適電子透かし強度を決定し、出力する電子透かし強度算出手段と、

入力される埋め込みデータを電子透かしに変換し、前記最適電子透かし強度を入力パラメータとして前記入力画像に前記電子透かしを挿入し、電子透かし挿入画像として出力する手段と、を含んで構成される電子透かし挿入システムをコンピュータ上に実現させるためのプログラムを記録したコンピュータが読みとり可能な記録媒体。

30 【請求項 15】電子透かし強度と、画質劣化度と、アタックに対する耐性評価値との関係を記述した電子透かし特性表を作成し、作成された電子透かし特性表を前記蓄積手段へ入力する電子透かし特性表作成手段を含んで構成される請求項 14 に記載の電子透かし挿入システムをコンピュータ上に実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読みとり可能な記録媒体。

【請求項 16】電子透かし特性表作成装置をコンピュータ上に実現させるためのプログラムを記録したコンピュータが読みとり可能な記録媒体において、

40 入力される埋め込み情報を電子透かしに変換し、入力される電子透かし強度に応じた強度で前記電子透かしを入力画像に挿入し、電子透かし挿入画像を生成する電子透かし挿入手段と、

前記電子透かし挿入画像に対して、入力されるアタックパラメータに応じてアタックの強度を調節してアタックを実行し、アタックされた画像を生成するアタック画像生成手段と、

前記アタックされた画像に対して電子透かしの検出を試み、検出結果を出力する電子透かし検出手段と、

50 前記入力画像と前記電子透かし挿入画像を比較すること

5

により、電子透かし挿入によって生じる画質劣化の度合いを算出し、画質劣化量として出力する画質劣化量算出手段と、

前記入力画像の特徴量を計算してカテゴリに分類し、カテゴリインデックスを出力するカテゴリ分類手段と、様々な入力画像と様々な電子透かし強度との組み合わせに対して検出された前記一連の検出結果をカテゴリインデックス、電子透かし強度、アタックパラメータごとに集計して検出率を求め、更にカテゴリインデックス、電子透かし強度毎にアタックに対する耐性評価値を前記検出率から算出するとともに、前記画質劣化量をカテゴリインデックス、電子透かし強度毎に平均して画質劣化度を求め、カテゴリインデックス毎に、電子透かし強度と前記画質劣化度と前記アタックに対する耐性評価値との対応関係を示す電子透かし特性表を生成し、出力する電子透かし特性表生成手段とを含んで構成される電子透かし特性表作成装置をコンピュータ上に実現させるためのプログラムを記録したコンピュータが読みとり可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報を電子透かしに変換して画像に挿入する、電子透かし挿入システムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の電子透かし挿入システムは、例えば特開平 9-191394 号公報や文献「1997 年 12 月、アイ・イー・イー・イー・トランザクションズ・オン・イメージプロセッシング、第 I P-6 巻、第 12 号、1673~1687 頁 (IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. IP-6, NO.12, 1997)」に示されるように、オーディオ、画像などのデジタル信号に、著作権情報などを埋め込む目的として用いられている。

【0003】図 10 は、前記公開特許および前記文献に記載された従来の電子透かし挿入器である。周波数変換器 1000 は、入力画像に対して DCT (Discrete Cosine Transform; 離散コサイン変換) または、DFT (Discrete Fourier Transform; 離散フーリエ変換) を行い、変換係数をマーク挿入器 1001 へ出力する。マーク挿入器 1001 は、周波数変換器 1000 から出力される変換係数に、電子透かし信号を入力される電子透かし強度で挿入し、電子透かし挿入変換係数を逆周波数変換器 1002 へ出力する。逆周波数変換器 1002 は、マーク挿入器 1001 から出力される電子透かし挿入変換係数に対し、周波数変換器 1000 で行われた変換の逆変換を行い、電子透かし挿入画像を生成して出力する。

【0004】次に、動作を説明する。入力画像は、周波数変換器 1000 に入力され、画像全体に対して DCT

6

または DFT が行われる。そして、得られた変換係数は、マーク挿入器 1001 へ出力される。マーク挿入器 1001 では、変換係数の大きさの大きい方から電子透かしの長さと同じ N 個の変換係数を選択し、電子透かしを挿入する。具体的には、電子透かし信号を x、埋め込むべき変換係数を v、電子透かし強度を  $\alpha$ 、電子透かし挿入変換係数を  $v'$  とすると、

【0005】

【数 1】

$$v' = v + \alpha x$$

【0006】あるいは、

【0007】

【数 2】

$$v' = v(1 + \alpha x)$$

【0008】などに従って電子透かしを挿入する。

【0009】得られた電子透かし挿入変換係数は逆周波数変換回路 1002 へ出力され、ここで、逆 DCT または逆 DFT が行われて電子透かし挿入画像が生成、出力される。

【0010】電子透かし挿入画像の画質劣化と、電子透かしのアタックに対する耐性はトレードオフの関係にあり、マーク挿入器 1001 へ入力される電子透かし強度  $\alpha$  の値を調節することで、両者のバランスを図る。 $\alpha$  を大きくすると、電子透かし挿入画像の画質劣化は大きくなるが、アタックに対する耐性は向上する。逆に  $\alpha$  を小さくすると、電子透かし挿入画像の画質劣化を抑えることができるが、アタックに対する耐性は低下する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の電子透かし挿入システムでは、電子透かし強度の適切な設定が困難であるという問題点がある。

【0012】その理由は、ユーザが適当に電子透かし強度を調整して、電子透かしを挿入するためである。従来の電子透かし挿入システムでは、電子透かし挿入によって生じるであろう画質劣化がどの程度のものであるのか、また、アタックに対してどの程度の耐性を有するかを知る手段を有しない。このためユーザは、電子透かしを実際に挿入して、画質劣化がどの程度になるかを複数の電子透かし強度に対して試した後でしか、適切な電子透かし強度を決定することができなかった。また、アタックに対する耐性は、ユーザが自らアタックを試み、どの程度の耐性を有するかを評価しなければ、正確にはわからなかった。

【0013】別の理由は、適切な電子透かし強度は画像の内容によって大きく異なるということである。このため、たとえ電子透かし強度と画質劣化、アタックに対する耐性との関係を決定論的にユーザに呈示しても、すべての画像に適用するのは困難であり、真の最適な電子透

10

20

30

40

50

7

かし強度とは異なるという問題がある。

【0014】本発明の目的は、ユーザの入力する制約条件と、画像の特徴とに基づいて、電子透かし強度を自動的に決定できる電子透かし挿入システムを提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の電子透かし挿入システムは、入力画像の特徴量を計算してカテゴリに分類し、カテゴリインデックスを出力する手段と、予め様々なカテゴリインデックス毎に、電子透かし強度と、画質劣化度と、アタックに対する耐性評価値との関係を記述した電子透かし特性表を蓄積しておき、前記入力画像のカテゴリインデックスに応じて電子透かし特性表を選択し、入力された電子透かし強度に対応する画質劣化度とアタックに対する耐性評価値とを出力する蓄積手段と、前記蓄積手段へ前記電子透かし強度を出力し、前記蓄積手段から出力される前記画質劣化度と前記耐性評価値とから、入力される電子透かし強度の制約情報に基づいて、最適電子透かし強度を決定し、出力する電子透かし強度算出手段と、入力される埋め込みデータを電子透かしに変換し、前記最適電子透かし強度を入力パラメータとして前記入力画像に前記電子透かしを挿入し、電子透かし挿入画像として出力する手段と、を有することを特徴とする。

【0016】本発明の電子透かし挿入システムは、電子透かし強度の制約情報として、画質劣化度の許容限界値を入力し、前記電子透かし強度算出手段において、画質劣化度が画質劣化度の許容限界値以内となる範囲内で前記最適電子透かし強度を決定し、出力することを特徴とする。

【0017】本発明の電子透かし挿入システムは、電子透かし強度の制約情報として、アタックに対する安全性指標の限界値を入力し、前記電子透かし強度算出手段において、耐性評価値が、安全性指標の限界値以上となる範囲内で前記最適電子透かし強度を決定し、出力することを特徴とする。

【0018】本発明の電子透かし挿入システムは、電子透かし強度の制約情報として、画質劣化量と前記安全性指標とのバランスを決定する重み付け指標を入力し、前記電子透かし強度算出手段において、最適電子透かし強度を決定するときの画質劣化量と安全性指標の寄与する割合を、重み付け指標によって決定することを特徴とする。

【0019】本発明の電子透かし挿入システムは、電子透かし強度と、画質劣化度と、アタックに対する耐性評価値との関係を記述した電子透かし特性表を作成する電子透かし特性表作成装置を設け、作成された電子透かし特性表を前記蓄積手段へ入力することを特徴とする。

【0020】本発明の電子透かし特性表作成装置は、入力される埋め込み情報を電子透かしに変換し、入力され

8

る電子透かし強度に応じた強度で前記電子透かしを入力画像に挿入し、電子透かし挿入画像を生成する電子透かし挿入手段と、前記電子透かし挿入画像に対して、入力されるアタックパラメータに応じてアタックの強度を調節してアタックを実行し、アタックされた画像を生成するアタック画像生成手段と、前記アタックされた画像に対して電子透かしの検出を試み、検出結果を出力する電子透かし検出手段と、前記入力画像と前記電子透かし挿入画像を比較することにより、電子透かし挿入によって生じる画質劣化の度合いを算出し、画質劣化量として出力する画質劣化量算出手段と、前記入力画像の特徴量を計算してカテゴリに分類し、カテゴリインデックスを出力するカテゴリ分類手段と、様々な入力画像と様々な電子透かし強度との組み合わせに対して検出された前記一連の検出結果をカテゴリインデックス、電子透かし強度、アタックパラメータごとに集計して検出率を求め、さらにカテゴリインデックス、電子透かし強度毎にアタックに対する耐性評価値を前記検出率から算出するとともに、前記画質劣化量をカテゴリインデックス、電子透かし強度毎に平均して画質劣化度を求め、カテゴリインデックス毎に、電子透かし強度と前記画質劣化度と前記アタックに対する耐性評価値との対応関係を示す電子透かし特性表を生成し、出力する電子透かし特性表生成手段とを有することを特徴とする。

【0021】本発明の電子透かし特性表作成装置は、前記電子透かし特性表生成手段において、アタックパラメータ、電子透かし強度、カテゴリインデックス毎に、電子透かしの検出結果を集計し、検出率データを出力する手段と、画質劣化量をカテゴリインデックス、電子透かし強度毎に平均し、画質劣化度を出力する手段と、アタックパラメータと前記検出率データから、アタックパラメータと検出率の関係を求め、耐性評価値を算出して出力する耐性評価値算出手段と、カテゴリインデックスと電子透かし強度と前記画質劣化度と前記耐性評価値とを統合して、電子透かし特性表を生成し、出力する手段とを有することを特徴とする。

【0022】本発明の電子透かし特性表作成装置は、前記耐性評価値算出手段において、アタックパラメータに対する検出率の推移を表す関数と、重み付け関数との内積を取ることによって耐性評価値を算出することを特徴とする。

【0023】本発明の電子透かし特性表作成装置は、前記耐性評価値算出手段において、アタックパラメータに対する検出率の推移を表す関数から、前記検出率があるしきい値以上となる前記アタックパラメータの区間を求め、前記区間の長さに基づいて耐性評価値を決定することを特徴とする。

【0024】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

9

【0025】図1を参照すると、本発明の一実施の形態としての電子透かし挿入システムが示されている。

【0026】図において、カテゴリ分類部103は、入力画像の特徴量を計算し、得られた特徴量から画像の属するカテゴリを求め、カテゴリインデックスを蓄積装置101へ出力する。蓄積装置101は、カテゴリ分類部103から出力されるカテゴリインデックスによって用いる表を選択し、電子透かし強度算出部100から出力される電子透かし強度に対する画質劣化度と耐性評価値とを電子透かし強度算出部100へ出力する。電子透かし強度算出部100は、様々な値の電子透かし強度を蓄積装置101へ出力する。そして、その結果として蓄積装置101から出力される、その電子透かし強度に対する画質劣化度と耐性評価値と、ユーザから入力される電子透かし強度に関する制約情報とに基づいて、最適電子透かし強度を決定して電子透かし挿入部102へ出力する。電子透かし挿入部102は、埋め込みデータを電子透かしに変換し、電子透かし強度算出部100から出力される最適電子透かし強度で電子透かしを画像に挿入し、電子透かし挿入画像を出力する。

【0027】次に、図1に示す電子透かし挿入システムの動作について説明する。まず、いくつかの記号を定義する。

【0028】入力画像を分類するカテゴリの数をKとし、K個のカテゴリのそれぞれをカテゴリインデックス  $k$  ( $=1, \dots, K$ ) で区別する。電子透かし挿入時に電子透かし強度として取り得る値を  $s(m)$  ( $m=1, \dots, M$ ) とする。電子透かし強度は、用いる電 \*

| 電子透かし強度  | 画質劣化量     | アタックに対する耐性評価値 |
|----------|-----------|---------------|
| $s(1)$   | $D(k, 1)$ | $V(k, 1)$     |
| $s(2)$   | $D(k, 2)$ | $V(k, 2)$     |
| $\vdots$ | $\vdots$  | $\vdots$      |
| $s(M)$   | $D(k, M)$ | $V(k, M)$     |

【0033】蓄積装置101では、電子透かし強度算出部100から電子透かし強度  $s(m)$  が入力されたときに、カテゴリ分類部103から出力されたカテゴリインデックス  $k$  によって、用いる電子透かし特性表を選択し、画質劣化量  $D(k, m)$  と耐性評価値  $V(k, m)$  とを電子透かし強度算出部100へ出力する。

【0034】電子透かし強度算出部100では、入力画像がシステムに入力され、カテゴリ分類部103でカテ \*

$$Z(m) = (1-a)(1-D(k,m)) + aV(k,m)$$

【0036】ここに、 $a$  は、 $0 \leq a \leq 1$  を満たす。 $1-D(k, m)$  の部分は画質劣化度が小さいほど、すなわち、電子透かし強度が小さいほど大きくなる。一方  $V(k, m)$  は、電子透かし強度が大きいほど大きくなる。よって、 $1-D(k, m)$  と  $V(k, m)$  はトレー

10

\*子透かし挿入アルゴリズムに依存して変わるが、電子透かし強度を連続的に変化させられる場合には、変化可能な範囲でM個に離散化し、それぞれの値を  $s(m)$  で表す。さらに、カテゴリインデックスが  $k$ 、電子透かし強度が  $s(m)$  のときの画質劣化度とアタックに対する耐性評価値をそれぞれ  $D(k, m)$ 、 $V(k, m)$  で表す。

【0029】次に、図を参照して詳細に説明する。

【0030】入力された画像は、カテゴリ分類部103に入力される。カテゴリ分類部103では、画像の特徴量を計算し、得られる特徴量に基づいて入力画像がどのカテゴリに属するか判定し、そのカテゴリを示すカテゴリインデックスを出力する。具体的には、カテゴリ分類部103内では、カテゴリの境界を与える特徴量の値を保持しており、それらと算出された特徴量とを比較し、分類する。特徴量としては、例えば、画像全体のアクティビティ（交流周波数成分の二乗平均値）が考えられる。

【0031】カテゴリ分類部103から出力されたカテゴリインデックスは、蓄積装置101へ入力される。蓄積装置101には、各カテゴリインデックスに対して、電子透かし強度と、画質劣化度とアタックに対する耐性評価値との対応関係を記述した電子透かし特性表が蓄積されている。カテゴリインデックス  $k$  に対する電子透かし特性表は、表1のようになる。

【0032】

【表1】

※グリーンデックスが算出された後に、ユーザによって入力される電子透かし強度制約情報に基づいて最適電子透かし強度が算出される。基本的には、以下の目的関数を最大化する電子透かし強度を最適電子透かし強度とする。

【0035】

【数3】

ドオフの関係にあり、 $a$  によって、両者の割合を調節する。

【0037】次に、図2を参照して、電子透かし強度算出部100の動作を詳細に説明する。

【0038】まず、電子透かし強度のインデックス  $m$  を



11

1 にセットし、数 3 の目的関数値の最大値を表す  $Z_{max}$  と、最大値を与える電子透かし強度を表す  $S_{max}$  とを 0 にセットする (ステップ 500)。次に、蓄積装置 101 に電子透かし強度  $s(m)$  を与え、その結果として蓄積装置 101 から出力される画質劣化度  $D(k, m)$  と耐性評価値  $V(k, m)$  とを読み込む (ステップ 501)。次に、画質劣化度  $D(k, m)$  が許容限界値  $D_0$  より小さく、かつ、耐性評価値  $V(k, m)$  がアタックに対する安全指標の限界値  $V_0$  より大きいかどうかを調べる (ステップ 502)。ここで、許容限界値  $D_0$  とアタックに対する安全指標の限界値  $V_0$  は、予めシステムで設定されている値でも良いし、後述するように、ユーザによって電子透かし強度制約情報として与えられる値であってもよい。もしステップ 502 の条件を満たせば、数 3 の目的関数を計算し (ステップ 503)、 $Z_{max}$  の値と  $Z(m)$  の値とを比較する (ステップ 504)。そして、 $Z(m)$  が  $Z_{max}$  以上ならば、 $Z_{max}$  に  $Z(m)$  を代入するとともに、このときの電子透かし強度の値  $s(m)$  を  $S_{max}$  に代入する (ステップ 505)。もし、ステップ 502 の条件を満たさなかった場合は、ステップ 503 からステップ 505 までの処理をスキップする。また、ステップ 504 で  $Z(m)$  が  $Z_{max}$  より小さいならばステップ 505 の処理をスキップする。そして、 $m < M$  かどうか調べ (ステップ 506)、 $m < M$  のときは、 $m$  の値を 1 だけ増やして (ステップ 507) ステップ 501 へ戻る。 $m \geq M$  の場合には、 $Z_{max}$  の値が 0 でないかどうか調べ (ステップ 508)、0 でない場合は、 $S_{max}$  を最適電子透かし強度として、電子透かし挿入部 102 へ出力 (ステップ 509) して処理を終了する。一方、ステップ 508 で、 $Z_{max}$  が 0 に等しい場合には、電子透かし強度として適切な値が設定できないというアラームをユーザに呈示 (ステップ 510) して終了する。

【0039】電子透かし強度算出部 100 から出力される最適電子透かし強度は、電子透かし挿入部 102 へ入力される。電子透かし挿入部 102 では、入力される埋め込みデータを電子透かしに変換し、画像に挿入する。挿入するときの電子透かしの強度は、電子透かし強度算出部 100 から出力される最適電子透かし強度とする。そして、得られた画像は電子透かし挿入画像として出力される。

【0040】電子透かし挿入アルゴリズムは、電子透かしの挿入時にユーザが電子透かし強度、あるいはそれに類するものをパラメータとして指定できるようになっているアルゴリズムであれば、任意のアルゴリズムを用いることができる。例えば、特開平 9-191394 号公報や文献「1997 年 12 月、アイ・イー・イー・イー・トランザクションズ・オン・イメージプロセッシング、第 IP-6 巻、第 12 号、1673~1687 頁 (IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING、VOL. IP-6、

12

NO. 12、1997)」に示される方式を用いることができる。この方式では、電子透かし強度は数 1 または数 2 の中に含まれるパラメータ  $a$  である。

【0041】上述の電子透かし挿入システムにおいて、画質劣化の許容限界値  $D_0$  の値を、電子透かし強度制約情報として変更できるようにすることもできる。もし、ユーザが何も指定しない場合は、予め定められた値を使用し、ユーザが指定した場合は、指定された値を用いる。これにより、電子透かし挿入によって生じる画質劣化を、ユーザの要求に応じて調整できるようになる。

【0042】また、上述の電子透かしシステムにおいて、アタックに対する安全指標の限界値  $V_0$  を、電子透かし強度制約情報として変更できるようにすることもできる。もし、ユーザが何も指定しない場合には、予め定められた値を使用し、ユーザが指定した場合は、指定された値を用いる。これにより、アタックに対する電子透かしの耐性を、ユーザの要求に応じて調整できるようになる。

【0043】また、上述の電子透かしシステムにおいて、目的関数の画質劣化量と安全性指標とのバランスを決定する重み付け指標である数 3 中のパラメータ  $a$  を、電子透かし強度制約情報として変更できるようにすることもできる。もし、ユーザが何も指定しない場合には、予め定められた値を使用し、ユーザが指定した場合は、指定された値を用いる。これにより、画質の劣化とアタックに対する耐性のどちらを重視するかを、ユーザの要求に応じて調整できるようになる。

【0044】さらには、画質劣化の許容限界値  $D_0$ 、アタックに対する安全指標の限界値  $V_0$ 、画質劣化量と安全性指標とのバランスを決定する重み付け指標  $a$  の全てを電子透かし強度制約情報として変更できるようにすることもできる。ユーザが特に指定しない値については、予め定められた値を使用し、ユーザが指定した値は、指定された値を用いる。これにより、ユーザが画質劣化の許容限界値、アタックに対する安全指標の限界値、画質劣化とアタックに対する耐性とのバランスを自由に調整できるようになる。

【0045】次に、本発明の他の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0046】図 3 を参照すると、本発明の一実施の形態としての電子透かし挿入システムが示されている。図 3 の電子透かし挿入システムでは、図 1 の電子透かし挿入システムの蓄積装置 101 のかわりに蓄積装置 131 が接続され、さらに、蓄積装置 131 に電子透かし特性表作成装置 132 が接続されている点が、図 1 のシステムと異なる。それ以外は図 1 のシステムと同様である。

【0047】図 3 のシステムでは、電子透かし特性表作成装置 132 において、各カテゴリインデックスに対して電子透かし特性表が作成される。そして、電子透かし特性表は蓄積装置 101 へ出力され、蓄積装置 101 に

蓄積される。電子透かし特性表作成装置 1 3 2 は、後に詳細に説明する。

【0 0 4 8】次に、本発明の他の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0 0 4 9】図 4 を参照すると、本発明の一実施の形態としての電子透かし挿入システムが示されている。図 4 の電子透かし挿入システムでは、図 1 の電子透かし挿入システムの蓄積装置 1 0 1 のかわりに蓄積装置 1 5 1 が接続され、さらに、蓄積装置 1 5 1 に入力装置 1 5 2 が接続され、入力装置 1 5 2 には記録媒体 1 5 3 が接続されている点が、図 1 のシステムと異なる。それ以外は図 1 のシステムと同様である。

【0 0 5 0】図 4 のシステムでは、図 3 のシステムの電子透かし特性表作成装置 1 3 2 に相当する装置において、各カテゴリインデックスに対して電子透かし特性表が作成され、作成された電子透かし特性表は記録媒体 1 5 3 に格納される。記録媒体 1 5 3 に格納された電子透かし特性表は、入力装置 1 5 2 を通じて蓄積装置 1 0 1 に入力され、蓄積装置 1 0 1 に蓄積される。

【0 0 5 1】次に、図 3 に示される電子透かし特性表作成装置 1 3 2 に関する本発明の実施の形態について、図 5 を参照しながら詳細に説明する。

【0 0 5 2】電子透かし挿入部 2 0 0 は、埋め込みデータを変換し、入力される電子透かし強度の電子透かしを入力画像に挿入し、電子透かし挿入画像をアタック実行部 2 0 1 へ出力する。アタック実行部 2 0 1 は、電子透かし挿入部 2 0 0 から出力される電子透かし挿入画像に対して、入力されるアタックパラメータによって定まる強度の所与のアタックを電子透かし挿入画像に対して実行し、アタックされた画像を電子透かし検出部 2 0 2 へ出力する。電子透かし検出部 2 0 2 は、アタック実行部 2 0 1 から出力されるアタックされた画像に対して、電子透かしの検出を行い、検出結果を電子透かし特性表生成部 2 0 5 へ出力する。画質劣化量算出部 2 0 3 は、電子透かし挿入部 2 0 0 から出力される電子透かし挿入画像と入力画像とから画質劣化量を算出し、電子透かし特性表生成部 2 0 5 へ出力する。カテゴリ分類部 2 0 4 は、入力画像をカテゴリに分類して、カテゴリのインデックスを電子透かし特性表生成部 2 0 5 へ出力する。電子透かし特性表生成部 2 0 5 は、電子透かし検出部 2 0 2 から出力される検出結果と、電子透かし強度と、アタックパラメータと、画質劣化量算出部 2 0 3 から出力される画質劣化量と、カテゴリ分類部 2 0 4 から出力されるカテゴリインデックスとから、アタックに対する耐性評価値と画質劣化度とを求め、これらと電子透かし強度との関係を電子透かし特性表として出力する。

【0 0 5 3】次に、図 5 の電子透かし特性表作成装置の動作について説明する。まず、いくつかの記号を定義する。

【0 0 5 4】入力画像の数を  $I$  とし、 $I$  枚の入力画像の

それぞれを入力画像のインデックス  $i$  ( $= 1, \dots, I$ ) で区別する。また、アタックパラメータの取る値を  $x(j)$  ( $j = 1, \dots, J$ ) とする。ここでアタックパラメータとは、アタックの強度を調整するパラメータである。カテゴリインデックス  $k$  ( $= 1, \dots, K$ )、電子透かし強度  $s(m)$  ( $m = 1, \dots, M$ )、画質劣化度  $D(k, m)$ 、アタックに対する耐性評価値  $V(k, m)$  は前述の通りである。また、入力画像  $i$  に対するカテゴリインデックスを  $k(i)$ 、画質劣化量を  $d(i)$  で表す。また、カテゴリインデックスが  $k$ 、電子透かし強度のインデックスが  $m$ 、アタックパラメータのインデックスが  $j$  のときの検出結果を  $y(k, m, j)$ 、検出率を  $r(k, m, j)$  で表す。

【0 0 5 5】次に、図を参照して詳細に説明する。

【0 0 5 6】入力画像  $i$  は電子透かし挿入部 2 0 0 へ入力され、入力される埋め込みデータを電子透かしに変換し、入力される電子透かし強度  $s(m)$  をパラメータとして、電子透かしを画像に挿入する。ここで用いる電子透かし挿入アルゴリズムは、図 1 または図 3、図 4 の電子透かし挿入部 1 0 2 で用いるものと同一のアルゴリズムである。電子透かしの挿入された画像は電子透かし挿入画像として、画質劣化部 2 0 3 とアタック実行部 2 0 1 へ出力される。

【0 0 5 7】アタック実行部 2 0 1 では、電子透かし挿入画像に所定のアタックを行い、アタック後の画像をアタックされた画像として電子透かし検出部 2 0 2 へ出力する。アタックの強度は、別に入力されるアタックパラメータ  $x(j)$  によって決定される。例えば、アタックが雑音付加ならば、アタックのパラメータは雑音電力や雑音の振幅、あるいは雑音付加後の P S N R (Peak Signal to Noise Ratio; ピーク信号対雑音比) などの量になり、アタックパラメータとして指定された強度の雑音は電子透かし挿入画像に付加される。また、アタックが拡大縮小ならば、アタックのパラメータは拡大縮小の倍率、あるいはそれに相当する量になり、アタックパラメータとして指定された倍率の拡大または縮小が、電子透かし挿入画像に対して行われる。

【0 0 5 8】アタック実行部 2 0 1 から出力されるアタックされた画像は、電子透かし検出部 2 0 2 へ入力され、電子透かしの検出が行われる。検出に用いる電子透かし検出アルゴリズムは、電子透かし挿入部 2 0 0 で用いられたものに対応する電子透かし検出アルゴリズムである。埋め込まれた電子透かしが検出できたならば 1 を出力し、検出できなかったならば 0 を検出結果として出力する。もし、電子透かしの一部のみのみ検出できたならば、0. 5 など、0 と 1 の間の値を出力する。電子透かし検出部 2 0 2 から出力されたデータは電子透かし特性表生成部 2 0 5 へ入力される。

【0 0 5 9】また、電子透かし検出部 2 0 2 は、埋め込みデータが電子透かし検出部 2 0 2 へも入力され、ここ



15

で、検出された電子透かしと比較され、どの程度正確に電子透かしとして埋め込まれた情報が検出できたかを判定する手段を有していてもよい。そして、電子透かし挿入部で挿入した埋め込みデータと完全に同一のデータが検出できた場合は1を出力し、それ以外の場合は、埋め込みデータと検出されたデータの相違に応じて0から1の間の値を出力する。

【0060】入力画像と電子透かし挿入部200から出力される電子透かし挿入画像とは画質劣化量算出部203へ入力され、これらを比較して、電子透かしを挿入することによって生じる画質劣化量を算出する。この画質劣化量としては、原画像に対する電子透かし挿入画像のPSNR値や、あるいは、文献「1995年8月、テレビジョン学会誌、第49巻、第8号、1078～1086頁」記載の、視覚特性を考慮して重み付けしたWSNR (Weighted Signal to Noise Ratio) を用いることができる。あるいは、文献「1995年12月、アイ・イー・イー・イー・トランザクションズ・オン・サーキット・アンド・システムズ・フォー・ビデオ・テクノロジー、第CSVT-5巻、第6号、467～476頁 (IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL. CSVT-6, NO. 6, DECEMBER, 1995)」などに記載されているJND (Just Noticeable Difference) を求め、電子透かし挿入画像と原画像の差分がJNDの何倍に相当するかを算出 (以後視覚歪み量と呼ぶ) した値を用いることができる。画質劣化度のダイナミックレンジを[0, 1]とすると、例えばPSNRを用いる場合には、まず、画像のPSNR値 (ピーク信号対雑音比) を計算して、図6(a)に示すような関数によって、画質劣化度に変換する。図6(a)のa, bとしては、例えばa=20dB, b=50dBという値を用いる。視覚歪み量を用いる場合は、まず、視覚歪みを計算し、それを画像全体で平均して平均視覚歪み量を求め、例えば図6(b)の関数によって画質劣化度に変換する。図6(b)のcとしては、例えばc=10を用いる。算出された画質劣化度は、電子透かし特性表生成部205へ出力される。

【0061】入力画像はカテゴリ分類部204へも入力される。カテゴリ分類部204の動作は、図1、図3、図4のカテゴリ分類部103と同様である。入力画像の特徴量が計算され、算出された特徴量に基づいてカテゴリ分類され、そのカテゴリを示すカテゴリインデックスが電子透かし特性表生成部205へ出力される。

【0062】以上述べた図5の電子透かし特性表生成装置で行われる処理は、I枚の入力画像 $i=1, \dots, I$ それぞれに対して行われる。そして、一つの入力画像 $i$ に対しては、電子透かし強度 $s(m)$ を $m=1, \dots, M$ のM通りに変化させて、上述の処理が行われる。そして、一つの電子透かし強度 $s(m)$ に対しては、アタックパラメータ $x(j)$ を $j=1, \dots, J$

16

JのJ通りに変化させて、上述の処理が行われる。このようにして得られた検出結果 $y(k(i), m, j)$ 、電子透かし強度 $s(m)$ とそのインデックス $m$ 、アタックパラメータ $x(j)$ とそのインデックス $j$ 、画像劣化量 $d(k(i), m)$ 、カテゴリインデックス $k(i)$ は電子透かし特性表生成部205へ入力され、電子透かし特性表が生成され、出力される。

【0063】次に、電子透かし特性表生成部205について、図を用いて詳細に説明する。

【0064】図7は電子透かし特性表生成部205の実施の形態を表すブロック図である。検出結果集計部300は、検出結果をアタックパラメータと電子透かし強度とカテゴリインデックスに基づいて集計し、集計結果から検出率を算出して耐性評価値算出部302へ出力する。画質劣化量集計部301は、画質劣化量をカテゴリインデックスと電子透かし強度に基づいて集計し、画質劣化度を算出してデータ統合部303へ出力する。耐性評価値算出部302は、アタックパラメータと検出結果集計部300から出力される検出率とから、アタックに対する耐性評価値を算出して、データ統合部303へ耐性評価値を出力する。データ統合部303は、カテゴリインデックスごとに電子透かし強度と画質劣化度と耐性評価値との対応を記した表を作成し、電子透かし特性表として出力する。

【0065】次に、図7の電子透かし特性表生成部の動作について説明する。

【0066】電子透かしの検出結果 $y(k(i), m, j)$ は検出結果集計部300へ入力される。検出結果集計部300には記憶手段があり、検出結果はカテゴリインデックス $k$ ごと、電子透かし強度のインデックス $m$ ごと、アタックパラメータのインデックス $j$ ごとに分けて集計され、蓄積される。検出結果を集計するための配列を $Sum1(k, m, j)$  ( $k=1, \dots, K, m=1, \dots, M, j=1, \dots, J$ ) とし、カテゴリインデックス毎に画像の枚数をカウントするための配列を $N1(k, m)$  ( $k=1, \dots, K, m=1, \dots, M$ ) とする。初期状態では、 $Sum1(k, m)$ 、 $N1(k, m)$ の値を全て0がセットする。 $i$ 番目 $n$ の画像に対するカテゴリインデックス $k(i)$ と電子透かし強度インデックス $m$ とアタックパラメータのインデックス $j$ と検出結果 $y(k(i), m, j)$ とが入力されると、 $Sum1(k(i), m, j)$ の値に検出結果 $y(k(i), m, j)$ が加算され、 $Sum1(k(i), m, j)$ の値が更新される。また、 $N1(k(i), m)$ の値に1が加算され、 $N1(k(i), m)$ の値が更新される。ただし、 $i, j, m$ のうち $j$ のみが変化する場合、 $N1(k(i), m)$ の値の更新は行われず、 $m=1, \dots, M$ で示されるすべての電子透かし強度と $i=1, \dots, I$ のすべての画像と $j=1, \dots, J$ で示されるすべての

17

アタックパラメータに対して上述の処理が繰り返される。すべての  $m, i, j$  に対して処理が終了すると、

【0067】

【数4】

$$r(k, m, j) = \frac{\text{Sum1}(k, m, j)}{N1(k, m)}$$

【0068】により、各  $k, m, j$  に対する検出率  $r(k, m, j)$  が算出され、耐性評価値算出部302へ出力される。

【0069】耐性評価値算出部302では、検出結果集計部300から出力される検出率  $r(k, m, j)$  に基づいて、アタックに対する耐性評価値  $V(k, m)$  を算出し、データ統合部303へ出力する。耐性評価値算出部302の動作の詳細は後述する。

【0070】一方、画像劣化量  $d(i)$  は、画質劣化量集計部301へ入力される。画質劣化量集計部301は内部に記憶手段を有しており、画質劣化量はカテゴリインデックス毎に集計され、蓄積される。画質劣化量を集計するための配列を  $\text{Sum2}(k, m)$  ( $k = 1, \dots, K, m = 1, \dots, M$ )、カテゴリインデックス毎に画像の枚数をカウントするための配列を  $N2(k, m)$  ( $k = 1, \dots, K, m = 1, \dots, M$ ) とする。初期状態では、 $\text{Sum2}(k, m)$ 、 $N2(k, m)$  の値を全て0がセットする。 $i$  番目  $n$  の画像に対するカテゴリインデックス  $k(i)$  と電子透かし強度インデックス  $m$  と画質劣化量  $d(i)$  とが入力されると、 $\text{Sum2}(k(i), m)$  の値に  $d$  が加算され、 $\text{Sum2}(k(i), m)$  の値が更新される。また、 $N2$

18

\*2 ( $k(i), m$ ) の値に1が加算され、 $N2(k(i), m)$  の値が更新される。 $m = 1, \dots, M$  で示されるすべての電子透かし強度と  $i = 1, \dots, I$  のすべての画像に対して上述の処理が繰り返される。すべての  $m, i$  に対して処理が終了すると、

【0071】

【数5】

$$D(k, m) = \frac{\text{Sum2}(k, m)}{N2(k, m)}$$

【0072】により、各  $k, m$  に対する画質劣化度  $D(k, m)$  が算出され、データ統合部303へ出力される。

【0073】データ統合部303では、耐性評価値算出部302から出力される耐性評価値  $V(k, m)$  と、画質劣化量集計部301から出力される画質劣化度  $D(k, m)$  と、電子透かし強度  $s(m)$  とをまとめて、表1に示す電子透かし特性表を、各カテゴリインデックス  $k$  ごとに生成し、出力する。

20 【0074】次に、図7に示す耐性評価値算出部302において、耐性評価値を算出する方法について説明する。まず、算出の概要について述べる。

【0075】アタックパラメータ  $x$  を連続的に変化させたときの、検出率の推移を考える。カテゴリインデックス  $k$ 、電子透かし強度のインデックス  $m$  のときのアタックパラメータ  $x$  に対する検出率を  $r_a(k, m, x)$  とすると、重み付け関数  $w(x)$  を用いて、基本的には

【0076】

【数6】

$$V(k, m) = \int_{-\infty}^{\infty} w(x) r_a(k, m, x) dx$$

【0077】によって耐性評価値  $V(k, m)$  を算出する。重み付け関数  $w(x)$  は、各アタックパラメータ  $x$  に対する検出率の耐性評価値  $V(k, m)$  への寄与を決定する。必ずしも必要ではないが、耐性評価値  $V(k, m)$  のレンジを  $[0, 1]$  の区間とするのであれば、重み付け関数  $w(x)$  は、

【0078】

【数7】

$$\int_{-\infty}^{\infty} w(x) dx = 1$$

【0079】を満たすようにする。

【0080】重み付け関数  $w(x)$  の形状は、アタックの種類や、考慮するアプリケーションに依存してかわる。例えば、所与のアタックが雑音付加で、アタックパラメータが雑音電力ならば、 $w(x)$  を図8(a)のような単調減少する関数にすればよい。これは、雑音電力の増大に伴って雑音付加後の画質劣化も大きくなり、雑

音電力が大きいための検出率は雑音電力が小さいときほど重要ではないためである。また、所与のアタックが拡大縮小で、アタックパラメータが倍率ならば、 $w(x)$  を例えば図8(b)のように  $x = 1$  のときに最大値をとって、それから離れるに従って減少する関数にすればよい。これは、倍率が1から離れると、画素の間引きや内挿によって画質が低下し、倍率が1から離れたときの検出率は、1に近いときの検出率ほど重要ではなくなるからである。また、所与のアタックが回転で、アタックパラメータが回転角ならば、 $w(x)$  を例えば図8(c)のような形状にすればよい。これは、編集ツールなどで画像を編集する際に、90度の倍数の角度の回転は、他の角度よりも高頻度で生じると考えられるためである。あるいは、画像をプリントアウトした後、スキャナで読み込むことを考えたとき、90度の倍数とその近辺の角度による回転は、他の角度よりも高頻度で生じると考えられるためである。よって、90度の倍数とその近辺の角度での回転に対する検出率は、他の角度に比べ重

19

要になり、図8(c)の形状は妥当である。

【0081】次に、上述した方法に基づいて、実際に耐性評価値 $V(k, m)$ を算出する方法について述べる。

【0082】検出率として得られるのはアタックパラメータ $x$ に対する連続関数ではなく、離散的なアタックパラメータ $x(j)$  ( $j=1, \dots, J$ )に対する値のみである。また、重み付け関数 $w(x)$ も、任意の $x$ に対する関数値を保持しているわけにはいかず、同様にいくつかのアタックパラメータに対する値のみである。そこで、図9に示すように、離散的な値から折れ線近似によって得られる波形を考え、それを、検出率算出に用いたアタックパラメータ $x(j)$ の離散化間隔より十分細かい幅 $\Delta x$ で標本化したときの検出率を求め、耐性評価値の算出に用いる。耐性評価値算出部302は記憶手段\*

$$V(k, m) = \sum_{h=0}^{H-1} w'(x_0 + h\Delta x) r'(k, m, x_0 + h\Delta x) \Delta x$$

【0085】で近似できる。よって、数8で求まる耐性評価値 $V(k, m)$ を各カテゴリインデックス $k$ 、各電子透かし強度 $m$ に対して算出し、データ統合部303へ出力する。

【0086】この方式は、アタックパラメータ全体を考慮して、アタックに対する総合的な耐性評価値を算出することを可能にする。実際にアタックを行って得られたデータだけでなく、実際にアタックを行っていないアタックパラメータに関しても、検出率を内挿予測して用いるため、アタックパラメータ $x(j)$ の選び方による差異を小さく抑え、正確な耐性評価値算出を可能にする。また、重み付け関数を用いて耐性評価値を算出するため、これを適切に設計することで、アタックによって生じる劣化に対する人間の主観的判断や、アタックに関する

$$V(k, m) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^{\infty} T(r_a(k, m, x), \alpha) dx$$

【0090】に従って、カテゴリインデックス $k$ 、電子透かし強度のインデックス $m$ に対する耐性評価値 $V(k, m)$ を求める。ここに $L$ は基準となるアタックパラメータ区間の長さであり、 $T(x, \alpha)$ は

【0091】

【数10】

$$T(x, \alpha) = \begin{cases} 1 & (x > \alpha) \\ 0 & (x \leq \alpha) \end{cases}$$

$$V(k, m) = \frac{1}{L} \sum_{h=0}^{H-1} T(r'(k, m, x_0 + h\Delta x), \alpha) \Delta x$$

【0094】によって数9を近似し、耐性評価値を算出する。数11の耐性評価値 $V(k, m)$ を各カテゴリ

20

\*を有し、重み付け関数については、この記憶手段にいくつかのアタックパラメータ $x$ に対する重み付け関数値 $w(x)$ を記憶しておく。そして、この関数値を用いて折れ線近似した関数を考え、検出率と同じ位置で標本化したときの重み付け関数値を求め、耐性評価値算出に用いる。

【0083】図9(a)に示す $r_a(k, m, x)$ を折れ線近似した関数を $r'(k, m, x)$ とし、重み付け関数 $w(x)$ を折れ線近似した関数を $w'(x)$ とする。標本化の位置を $x = x_0, x_0 + \Delta x, x_0 + 2\Delta x, \dots, x_0 + (H-1)\Delta x$ とすると、数6は、

【0084】

【数8】

※頻度情報を評価値に反映させることが可能となる。さらに、アプリケーションなどに応じて、重み付け関数を変える必要がある場合でも、耐性評価値算出部302の記憶手段に記憶されている重み付け関数のデータのみを変更するだけで対応できる。

【0087】次に、図7に示す耐性評価値算出部302において、耐性評価値を算出する別の方法について説明する。まず、算出の概要について述べる。

【0088】上述の方法と同様にして、アタックパラメータ $x$ を連続的に変化させたときの、検出率の推移を考える。そして、基本的には、

【0089】

【数9】

★【0092】で与えられる2値化関数である。これによって、検出率が閾値 $\alpha$ より大きくなる区間の長さの、基準の長さ $L$ に対する比率が耐性評価値として算出される。この場合も、実際には、検出率の関数を折れ線近似し、細かくサンプリングして、

【0093】

【数11】

ンデックス $k$ 、各電子透かし強度 $m$ に対して算出し、データ統合部303へ出力する。

21

【0095】この方法は、検出率が高くなる範囲のみを考慮することで、高信頼性を重視した耐性評価値の算出を可能にする。また、重み付け関数を用いる方法のところで述べたのと同じ理由により、正確な耐性評価値算出を可能にする。

【0096】以上、本発明の電子透かし挿入システム及び電子透かし特性表作成装置の実施の形態について説明してきたが、最後に、電子透かし挿入システム及び電子透かし特性表作成装置を実現するプログラムを記録した記録媒体の実施の形態について説明する。

【0097】本発明の電子透かし挿入システム及び電子透かし特性表作成装置を実現するためのプログラムを記録した記録媒体は、上述の装置もしくはシステムの機能をコンピュータが読みとり実行可能なプログラム言語によってプログラムし、当該プログラムをCD-ROMやFD等の記録媒体に記録することによって実現することができる。

【0098】また上記記録媒体はサーバ装置などに備えられるハードディスクなどの記憶手段でも良く、更に該記憶手段にこのコンピュータプログラムを記録しておきネットワークを介してこのコンピュータプログラムを読み込むことによって、本発明の記録媒体を実現することも可能である。

【0099】

【発明の効果】本発明の効果は、ユーザが試行錯誤しなくても、入力画像に適した電子透かし強度を決定し、挿入できることである。

【0100】その理由は、入力画像をカテゴリ毎に分類し、そのカテゴリに属する画像に対する電子透かし強度と画質劣化度とアタックに対する耐性の耐性評価値を記述した表を用いて、動的に適切な電子透かし強度を算出し、電子透かしの挿入に用いるためである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態のブロック図である。

【図2】図1の電子透かし強度算出部100の動作を説明するためのフローチャートである。

【図3】本発明の第2の実施の形態のブロック図である。

22

【図4】本発明の第3の実施の形態のブロック図である。

【図5】図3の電子透かし特性表作成装置132の実施の形態のブロック図である。

【図6】画質劣化量の算出に用いる関数の例を示す図である。

【図7】図5の電子透かし特性表生成部205の実施の形態のブロック図である。

10 【図8】アタックの耐性評価値算出に用いる重み付け関数の例を示す図である。

【図9】検出率の標本化の例を示す図である。

【図10】従来の電子透かし挿入器の例を示す図である。

【符号の説明】

100 電子透かし強度算出部

101 蓄積装置

102 電子透かし挿入部

103 カテゴリ分類部

131 蓄積装置

20 132 電子透かし特性表作成装置

151 蓄積装置

152 入力装置

153 記録媒体

200 電子透かし挿入部

201 アタック実行部

202 電子透かし検出部

203 画質劣化量算出部

204 カテゴリ分類部

205 電子透かし特性表生成部

30 300 検出結果集計部

301 画質劣化量集計部

302 耐性評価値算出部

303 データ統合部

304 電子透かし特性表生成部

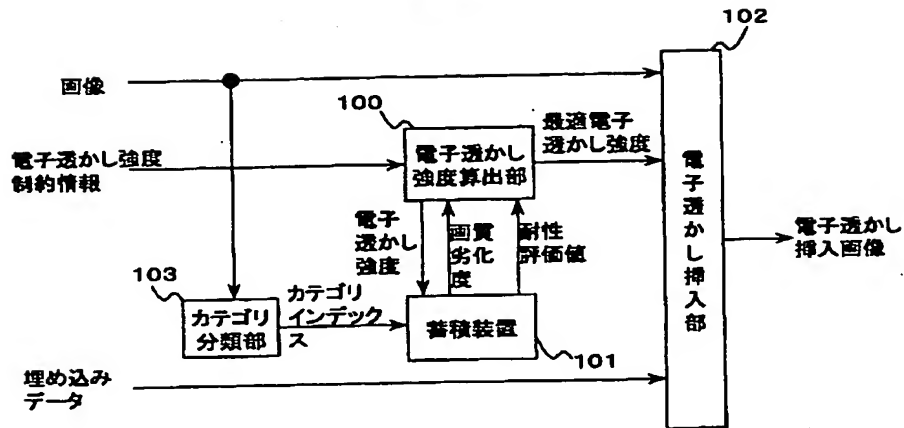
1000 周波数変換部

1001 マーク挿入部

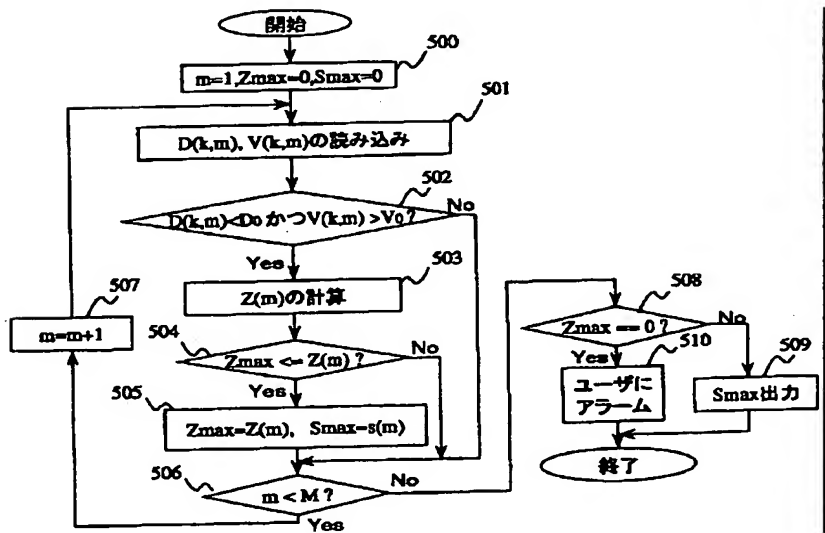
1002 逆周波数変換部

1003 電子透かし挿入器

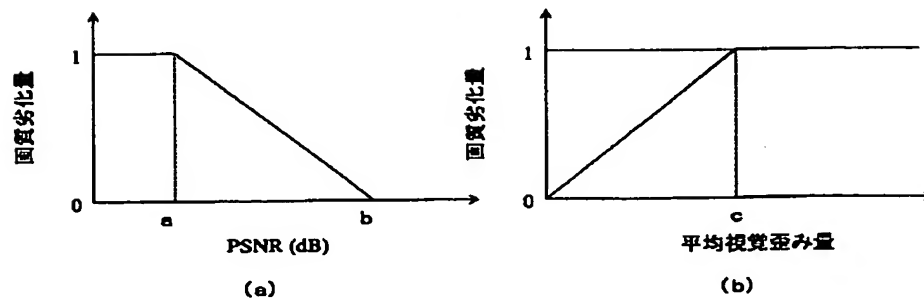
【図1】



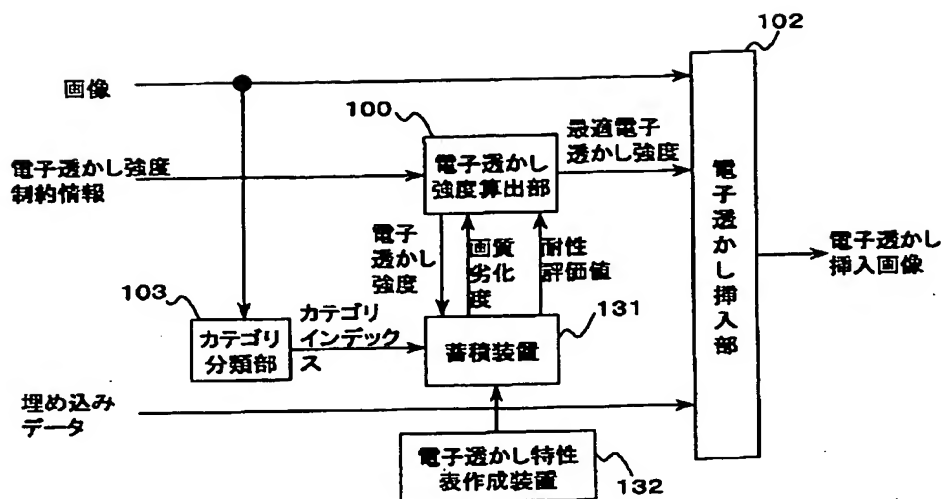
【図2】



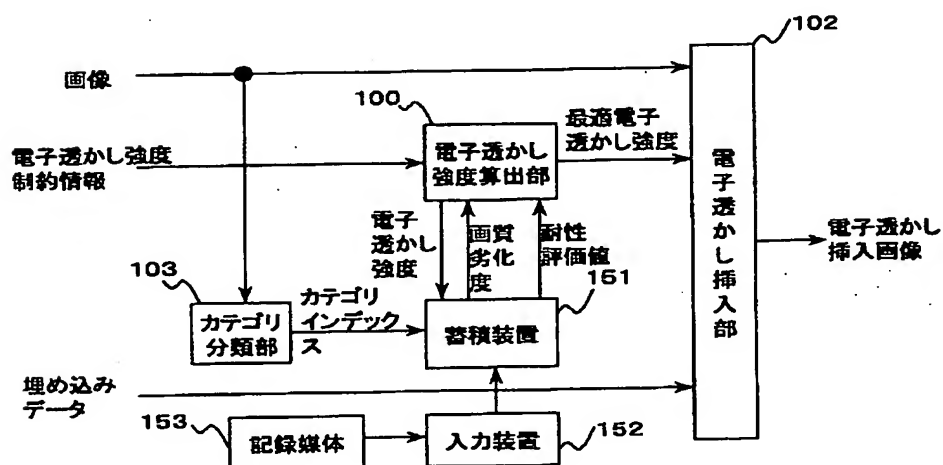
【図6】



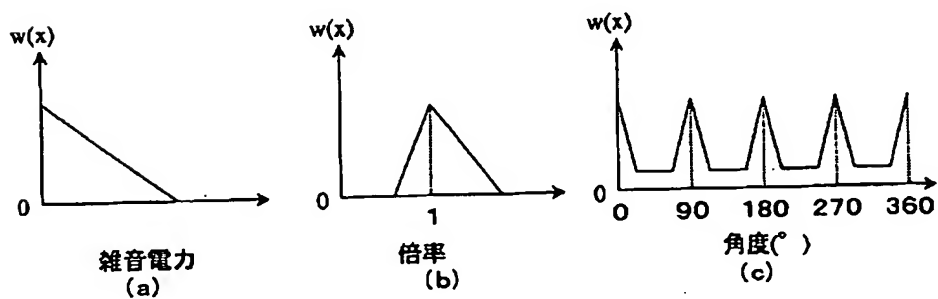
【図 3】



【図 4】

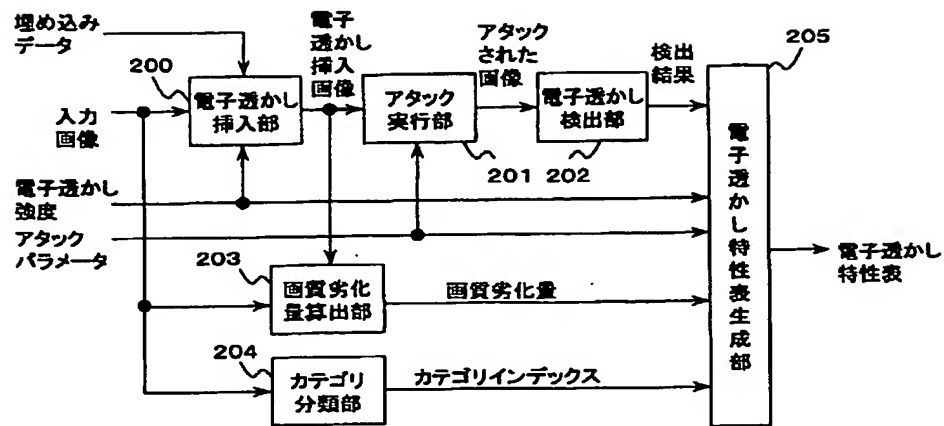


【図 8】

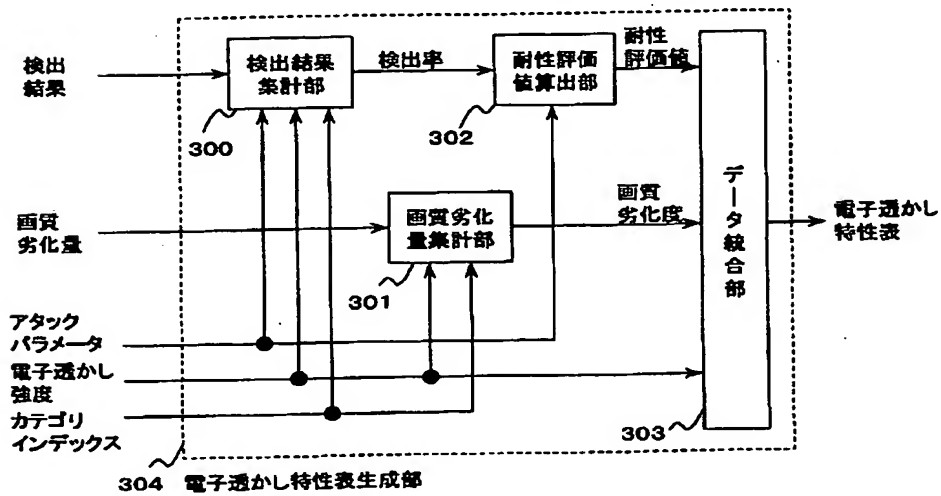




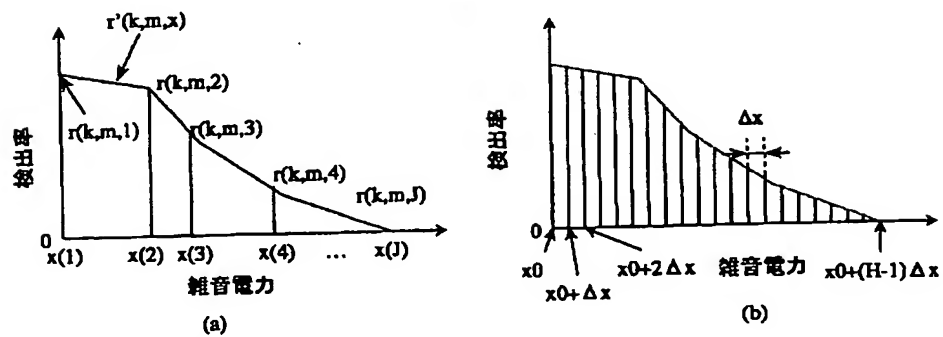
【図 5】



【図 7】



【図 9】



【図10】

